

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. Juni 2005 (23.06.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/056985 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F01D 25/14**,
11/18, 5/28

WIEGHARDT, Kai [DE/DE]; Generalstr. 23, 44795
Bochum (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/013651

(74) **Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. Dezember 2004 (01.12.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
03028575.3 11. Dezember 2003 (11.12.2003) EP

(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(72) **Erfinder; und**

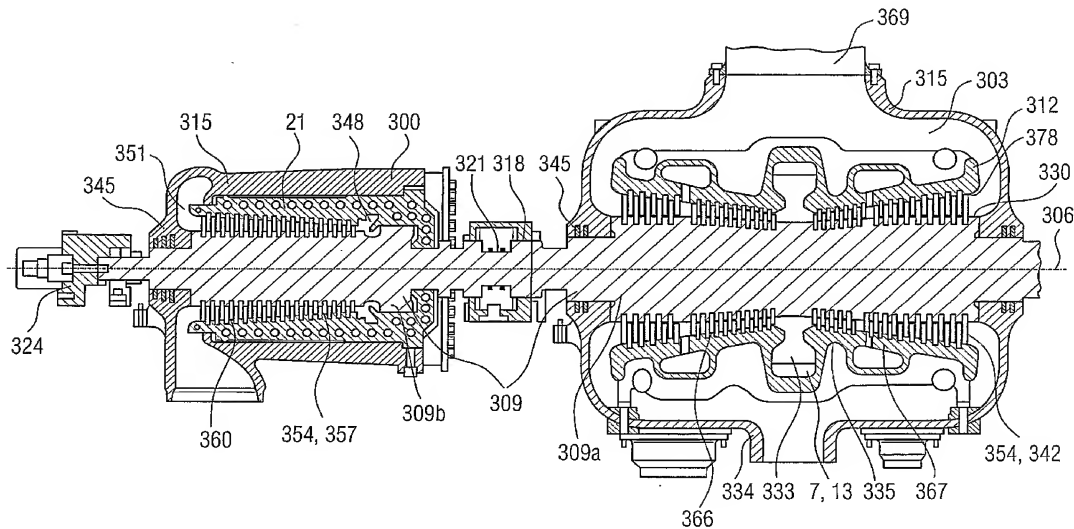
(84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHMITZ, Friedrich** [DE/DE]; Elisabethstr. 39, 46537 Dinslaken (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** USE OF A THERMAL INSULATING LAYER FOR A HOUSING OF A STEAM TURBINE AND A STEAM TURBINE

(54) **Bezeichnung:** VERWENDUNG EINER WÄRMEDÄMMSCHICHT FÜR EIN GEHÄUSE EINER DAMPFTURBINE UND EINE DAMPFTURBINE



(57) **Abstract:** The invention relates to the use of a thermal insulating layer (7) for a housing of a steam turbine in order to even out the deformation behaviour of different components based on different heatings of the components.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft die Verwendung einer Wärmedämmschicht (7) für ein Gehäuse einer Dampfturbine, um das Verformungsverhalten unterschiedlicher Bauteile aufgrund unterschiedlicher Erwärmungen der Bauteile zu vergleichmäßigen.

WO 2005/056985 A1



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Verwendung einer Wärmedämmschicht für ein Gehäuse einer
Dampfturbine und eine Dampfturbine

5 Die Erfindung betrifft die Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder 2 und eine Dampfturbine nach Anspruch 29.

10 Wärmedämmschichten, die auf Bauteilen aufgebracht werden, sind aus dem Bereich der Gasturbinen bekannt, wie sie z.B. in der EP 1 029 115 oder WO 00/25005 beschrieben sind.

15 Aus der DE 195 35 227 A1 ist bekannt, eine Wärmedämmschicht in einer Dampfturbine vorzusehen, um Werkstoffe mit schlechteren mechanischen Eigenschaften, die aber kostengünstiger sind, für das Substrat, auf das die Wärmedämmschicht aufgebracht wird, verwenden zu können.

Die Wärmedämmschicht ist im kälteren Bereich eines Dampfeinströmbereichs aufgebracht.

20 Die GB 1 556 274 offenbart eine Turbinenscheibe mit einer Wärmedämmschicht, um den Wärmeeintrag in die dünneren Bereiche der Turbinenscheibe zu verringern.

25 Die US 4, 405,284 offenbart eine zweischichtige keramische äußere Schicht, um das Abschleifverhalten zu verbessern.

30 Die US 5,645,399 offenbart die lokale Aufbringung einer Wärmedämmschicht in eine Gasturbine, um die Axialspiele zu verringern.

Die Patentschrift 723 476 offenbart ein Gehäuse, das zweiteilig ausgeführt ist und eine äußere keramische Schicht aufweist, die dick ausgeführt ist. Die Gehäuseteile des einen
35 Gehäuses übereinander, aber nicht axial nebeneinander angeordnet.

Wärmedämmschichten erlauben es, Bauteile bei höheren Temperaturen einzusetzen, als es der Grundwerkstoff allein zulässt, oder die Einsatzdauer zu verlängern.

5 Bekannte Grundwerkstoffe ermöglichen Einsatztemperaturen von maximal 1000°C - 1100°C, wohingegen eine Beschichtung mit einer Wärmedämmschicht Einsatztemperaturen von bis zu 1350°C in Gasturbinen ermöglicht.

10 Im Vergleich zu Gasturbinen sind die Einsatztemperaturen von Bauteilen in einer Dampfturbine deutlich niedriger, Druck und Dichte des Fluids jedoch höher und Art des Fluids anders, so dass dort andere Anforderungen an die Materialien gestellt werden.

15 Wesentlich für den Wirkungsgrad einer Dampfturbine sind die radialen und axialen Spiele zwischen Rotor und Stator. Maßgeblichen Einfluss darauf hat die Verformung der Dampfturbinen-Gehäuse, deren Funktion es u.a. ist, die Leitschaufeln
20 gegenüber den an der Welle befestigten Laufschaufeln zu positionieren.

Diese Gehäuseverformungen enthalten thermische Anteile (aus Wärmeeintrag) sowie viskoplastische Anteile (aus Bauteil-Kriechen bzw. -Relaxation).

25 Bei anderen Komponenten einer Dampfturbine (z. B. Ventil-Gehäusen) wirken sich unzulässige viskoplastische Verformungen nachteilig auf deren Funktion aus (z. B. Dichtheit des Ventils).

30

Aufgabe der Erfindung ist es, die genannten Probleme zu überwinden.

35 Die Aufgabe wird gelöst durch die Verwendung einer Wärmedämmschicht für ein Gehäuse für eine Dampfturbine gemäß Anspruch 1 oder 2.

Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine Dampfturbine gemäß Anspruch 29, die eine Wärmedämmschicht mit lokal unterschiedlichen Parametern (Materialien, Porosität, Dicke) aufweist. Lokal bedeutet örtlich voneinander abgegrenzte Bereiche der Oberflächen von einem oder mehreren Bauteilen einer Turbine.

- 10 Die Wärmedämmschicht dient nicht notwendigerweise nur dem Zweck, den Bereich der Einsatztemperaturen nach oben zu verschieben, sondern auch dazu, das Verformungsverhalten gezielt positiv zu beeinflussen durch
- 15 a) die Absenkung der integralen stationären Temperatur eines Gehäuseteils gegenüber einem anderen Gehäuseteil,
b) eine Abschirmung der Bauteile gegen Dampf mit stark veränderlichen Temperaturen bei instationären Zuständen (Start, Abfahren, Lastwechsel),
20 c) eine Reduzierung der viskoplastischen Verformungen von Gehäusen, die sowohl durch abnehmende Kriechresistenz der Werkstoffe bei hohen Temperaturen als auch durch Thermospannungen infolge von Temperaturunterschieden im Bauteil entstehen.

25

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Bauteils aufgelistet.

- Die in den Unteransprüchen aufgelisteten Maßnahmen können in vorteilhafter Art und Weise miteinander verknüpft werden.
- 30

Vorteilhaft wirkt sich die kontrollierte Beeinflussung des Verformungsverhaltens bei einem Radialspalt zwischen Turbinen-Rotor und Turbinenstator aus, also Turbinenschaufel und einem Gehäuse auf, indem dieser Radialspalt minimiert wird.

35

Eine Minimierung des Radialspalts führt zur Erhöhung des Wirkungsgrads der Turbine.

5 Ebenso werden vorteilhafterweise durch das kontrollierte Verformungsverhalten Axialspalte in einer Dampfturbine, insbesondere zwischen Rotor und Gehäuse, kontrolliert eingestellt und minimiert.

10 Besonders vorteilhaft wirkt es sich aus, dass eine integrale Temperatur des Gehäuses durch die Aufbringung der Wärmedämmschicht geringer ist als die Temperatur der Welle, so dass der radiale Spalt zwischen Rotor und Stator, d.h. zwischen Laufschaufelspitze und Gehäuse bzw. zwischen Leitschaufelspitze und Welle, im Betrieb (höhere Temperaturen als Raumtemperatur) kleiner ist als bei der Montage (Raumtemperatur).
15 Eine Verringerung der instationären thermischen Verformung von Gehäusen und deren Angleichung an das Verformungsverhalten der zumeist thermisch trägeren Turbinenwelle bewirkt ebenfalls eine Reduzierung der vorzusehenden radialen Spiele.
20 Durch die Aufbringung einer Wärmedämmschicht wird auch eine viskose Kriechverformung reduziert, und das Bauteil kann länger eingesetzt werden.

25 Die Wärmedämmschicht kann vorteilhafterweise bei neuhergestellten, gebrauchten (d.h. es ist keine Reparatur notwendig) und wiederaufgearbeiteten Bauteilen verwendet werden..

30 Ausführungsbeispiele sind in den Figuren dargestellt.

Es zeigen

Figur 1, 2, 3, 4	Anordnungsmöglichkeiten einer Wärmedämmschicht eines Bauteils,
35 Figur 5, 6	einen Gradienten der Porosität innerhalb der Wärmedämmschicht eines Bauteils,

Figur 7, 9 den Einfluss eines Temperaturunter-
 schieds auf ein Bauteil,
Figur 8 eine Dampfturbine und
Figur 10,11,12,13,14,
5 15, 16, 17, weitere Verwendungsbeispiele einer
 Wärmedämmschicht,
Figur 18 den Einfluss einer Wärmedämmschicht
 auf die Lebensdauer eines wieder
 aufgearbeiteten Bauteils.

10

Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Bauteils 1 für die erfindungsgemäße Verwendung.

Das Bauteil 1 ist ein Bauteil oder Gehäuse, insbesondere ein
15 Gehäuse 335 eines Einströmbereichs 333 einer Turbine (Gas, Dampf), insbesondere einer Dampfturbine 300, 303 (Fig. 8) und besteht aus einem Substrat 4 (z.B. Tragstruktur) und einer darauf aufgebrachtten Wärmedämmschicht 7.

20 Die Wärmedämmschicht 7 ist insbesondere eine keramische Schicht, die beispielsweise aus Zirkonoxid (teilstabilisiert, vollstabilisiert durch Yttriumoxid und/oder Magnesiumoxid) und/oder aus Titanoxid besteht, und ist beispielsweise dicker als 0.1 mm.

25 So können Wärmedämmschichten 7, die zu 100% entweder aus Zirkonoxid oder Titanoxid bestehen, verwendet werden.

Die keramische Schicht kann mittels bekannter Beschichtungsverfahren wie atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), Vakuumplasmaspritzen (VPS), Niedrigdruckplasmaspritzen (LPPS),
30 sowie durch chemische oder physikalische Beschichtungsmethoden (CVD, PVD) aufgebracht werden.

Figur 2 zeigt eine weitere Ausgestaltung des Bauteils 1 für die erfindungsgemäße Verwendung.

Zwischen dem Substrat 4 und der Wärmedämmschicht 7 ist zumindest eine Zwischenschutzschicht 10 angeordnet.

Die Zwischenschutzschicht 10 dient zum Schutz vor Korrosion und/oder Oxidation des Substrats 4 und/oder zur besseren Anbindung der Wärmedämmschicht an das Substrat 4. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Wärmedämmschicht aus Keramik und das Substrat 4 aus einem Metall besteht.

Die Zwischenschutzschicht 10 zum Schutz eines Substrats 4 gegen Korrosion und Oxidation bei einer hohen Temperatur weist beispielsweise im wesentlichen folgende Elemente auf

(Angabe der Anteile in Gewichtsprozent):

11,5 bis 20,0 wt% Chrom,

0,3 bis 1,5 wt% Silizium,

0,0 bis 1,0 wt% Aluminium,

0,0 bis 0,7 wt% Yttrium und/oder zumindest ein äquivalentes

Metall aus der Gruppe umfassend Scandium und die Elemente der Seltenen Erden, Rest Eisen, Kobalt und/oder Nickel sowie herstellungsbedingte Verunreinigungen;

insbesondere besteht die metallische Zwischenschutzschicht 10 aus

12,5 bis 14,0 wt% Chrom,

0,5 bis 1,0 wt% Silizium,

0,1 bis 0,5 wt% Aluminium,

0,0 bis 0,7 wt% Yttrium und/oder zumindest ein äquivalentes Metall aus der Gruppe umfassend Scandium und die Elemente der

Seltenen Erden, Rest Eisen und/oder Kobalt und/oder Nickel sowie herstellungsbedingte Verunreinigungen.

Bevorzugt ist es, wenn der Rest nur Eisen ist.

Die Zusammensetzung der Zwischenschutzschicht 7 auf Eisenbasis zeigt besonders gute Eigenschaften, so dass die Schutzschicht 7 hervorragend zur Aufbringung auf ferritischen Substraten 4 geeignet ist.

Dabei können die thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Substrat 4 und Zwischenschutzschicht 10 sehr gut aneinander angeglichen werden oder sogar gleich sein, so dass es zu keinem thermisch verursachten Spannungsaufbau zwischen Substrat 4 und Zwischenschutzschicht 10 kommt (thermal mis-

match), der ein Abplatzen der Zwischenschutzschicht 10 verursachen könnte.

Dies ist besonders wichtig, da bei ferritischen Werkstoffen oft keine Wärmebehandlung zur Diffusionsanbindung durchgeführt wird, sondern die Schutzschicht 7 größtenteils oder nur durch Adhäsion auf dem Substrat 4 haftet.

Insbesondere ist das Substrat 4 dann eine ferritische Basislegierung, ein Stahl oder eine Nickel- oder kobaltbasierte Superlegierung, insbesondere ein 1%CrMoV-Stahl oder ein bis 12prozentiger Chromstahl.

Weitere vorteilhafte ferritische Substrate 4 des Bauteils 1 bestehen aus einem

1% bis 2%Cr Stahl für Wellen (309, Fig. 4):
wie z.B. 30CrMoNiV5-11 oder 23CrMoNiWV8-8,

1% bis 2%Cr Stahl für Gehäuse (beispielsweise 335, Fig. 4):
G17CrMoV5-10 oder G17CrMo9-10,

10% Cr-Stahl für Wellen(309, Fig. 4):
X12CrMoWVNbN10-1-1,

10% Cr-Stahl für Gehäuse (beispielsweise 335, Fig. 4):
GX12CrMoWVNbN10-1-1 oder GX12CrMoVNbN9-1.

Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des Bauteils 1 für die erfindungsgemäße Verwendung.

Auf der Wärmdämmschicht 7 bildet nun eine Erosionsschutzschicht 13 die äußere Oberfläche.

Sie besteht insbesondere aus einem Metall oder einer Metalllegierung und schützt das Bauteil 1 vor Erosion und/oder Verschleiß, wie es insbesondere bei Dampfturbinen 300, 303 (Fig. 8), die eine Verzunderung im Heißdampfbereich aufweisen, der Fall ist, wo mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von etwa

50m/s (d.h. 20 - 100m/s), und Drücke von bis zu 400 bar auftreten.

Für eine möglichst gute Wirkungsweise der Wärmedämmschicht 7 weist die Wärmedämmschicht 7 eine gewisse offene und/oder geschlossene Porosität auf.

Vorzugsweise weist die Verschleiß/Erosionsschutzschicht 13 eine höhere Dichte auf und besteht aus Legierungen auf der Basis von Eisen, Chrom, Nickel und/oder Kobalt oder MCrAlX oder beispielsweise NiCr 80/20 oder mit Beimengungen von Bor (B) und Silizium (Si) NiCrSiB oder NiAl (beispielsweise Ni: 95%, Al 5%).

Insbesondere kann eine metallische Erosionsschutzschicht 13 bei Dampfturbinen 300, 303 eingesetzt werden, da die Einsatztemperaturen in Dampfturbinen 300, 303 beim Dampfeinströmbereich 33 maximal bei 800°C oder 850°C liegen. Für solche Temperaturbereiche gibt es genügend metallische Schichten, die einen hinreichend großen notwendigen Erosionsschutz über die Einsatzdauer des Bauteils 1 aufweisen.

Metallische Erosionsschutzschichten 13 in Gasturbinen auf einer keramischen Wärmedämmschicht 7 sind dort nicht überall möglich, da metallische Erosionsschutzschichten 13 als äußere Schicht die maximalen Einzeltemperaturen von bis zu 1350°C nicht aushalten können.

Keramische Erosionsschutzschichten 13 sind ebenso denkbar.

Weitere Materialien für die Erosionsschutzschicht 13 sind beispielsweise Chromkarbid (Cr_3C_2), eine Mischung aus Wolframkarbid, Chromkarbid und Nickel (WC-CrC-Ni) beispielsweise mit den Gewichtsanteilen 73 wt% für Wolframkarbid, 20 wt% für Chromkarbid und 7 wt% für Nickel, ferner Chromkarbid mit der Beimischung von Nickel (Cr_3C_2 -Ni) beispielsweise mit einem

Anteil von 83 wt% Chromkarbid und 17 wt% Nickel sowie eine Mischung aus Chromkarbid und Nickelchrom ($\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$) beispielsweise mit einem Anteil von 75 wt% Chromkarbid und 25 wt% Nickelchrom sowie Yttrium-stabilisiertes Zirkonoxid beispielsweise mit einem Gewichtsanteil von 80 wt% Zirkonoxid und 20 wt% Yttriumoxid.

Ebenso kann im Vergleich zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 noch eine Zwischenschuttschicht 10 vorhanden sein (Fig. 4).

Figur 5 zeigt eine Wärmedämmschicht 7 mit einem Gradienten der Porosität.

In der Wärmedämmschicht 7 sind Poren 16 vorhanden. In Richtung einer äußeren Oberfläche nimmt die Dichte ρ der Wärmedämmschicht 7 zu (Richtung Pfeil).

Somit besteht zum Substrat 4 oder einer ggf. vorhandenen Zwischenschuttschicht 10 hin vorzugsweise eine größere Porosität als im Bereich einer äußeren Oberfläche oder der Kontaktfläche zu der Erosionsschuttschicht 13.

In Figur 6 verläuft der Gradient in der Dichte ρ der Wärmedämmschicht 7 entgegengesetzt wie in der Figur 5 gezeigt (Richtung Pfeil).

Die Figuren 7a, b zeigen den Einfluss der Wärmedämmschicht 7 auf das thermisch bedingte Verformungsverhalten des Bauteils 1.

Figur 7a zeigt ein Bauteil ohne Wärmedämmschicht. An zwei gegenüberliegenden Seiten des Substrats 4 herrschen zwei verschiedene Temperaturen, eine höhere Temperatur T_{max}

und eine niedrigere Temperatur T_{\min} , wodurch ein radialer Temperaturunterschied $dT(4)$ gegeben ist.

Somit dehnt sich das Substrat 4, wie es gestrichelt angedeutet ist, im Bereich der höheren Temperatur T_{\max} aufgrund der thermischen Ausdehnung deutlich stärker aus als im Bereich der kleineren Temperatur T_{\min} . Diese unterschiedliche Ausdehnung verursacht eine unerwünschte Verformung eines Gehäuses.

Hingegen ist bei der Figur 7b auf dem Substrat 4 eine Wärmedämmschicht 7 vorhanden, wobei das Substrat 4 und die Wärmedämmschicht 7 zusammen beispielsweise genauso dick sind wie das Substrat 4 in Figur 7a.

Die Wärmedämmschicht 7 reduziert die maximale Temperatur an der Oberfläche des Substrats 4 überproportional auf eine Temperatur T'_{\max} , obwohl die äußere Temperatur T_{\max} genauso hoch ist wie in Figur 7a. Dies ergibt sich nicht nur aus dem Abstand der Oberfläche des Substrats 4 zur äußeren Oberfläche der Wärmedämmschicht 7 mit der höheren Temperatur, sondern insbesondere durch die geringere thermische Leitfähigkeit der Wärmedämmschicht 7. Innerhalb der Wärmedämmschicht 7 ist ein sehr viel größerer Temperaturgradient vorhanden als im metallischen Substrat 4.

Dadurch wird der Temperaturunterschied $dT(4,7)$ ($= T'_{\max} - T_{\min}$) kleiner als der Temperaturunterschied gemäß Figur 7a ($dT(4) = dT(7) + dT(4,7)$).

Dadurch findet eine wesentlich geringere oder sogar im Vergleich zur Oberfläche mit der Temperatur T_{\min} eine kaum unterschiedliche thermische Ausdehnung des Substrats 4 statt, wie es gestrichelt angedeutet ist, so dass lokal unterschiedliche Ausdehnungen zumindest vergleichmäßigt werden.

Häufig weisen die Wärmedämmschichten 7 auch einen geringeren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das Substrat 4 auf.

Das Substrat 4 in Figur 7b kann auch genauso dick sein wie das in Figur 7a.

In Figur 8 ist beispielhaft eine Dampfturbine 300, 303 mit einer sich entlang einer Rotationsachse 306 erstreckenden Turbinenwelle 309 dargestellt.

5 Die Dampfturbine weist eine Hochdruck-Teilturbine 300 und eine Mitteldruck-Teilturbine 303 mit jeweils einem Innengehäuse 312 und ein dieses umschließendes Außengehäuse 315 auf. Die Mitteldruck-Teilturbine 303 ist zweiflutig ausgeführt. Es ist ebenfalls möglich, dass die Mitteldruck-Teilturbine 303
10 einflutig ausgeführt ist.

Entlang der Rotationsachse 306 ist zwischen der Hochdruck-Teilturbine 300 und der Mitteldruck-Teilturbine 303 ein Lager 318 angeordnet, wobei die Turbinenwelle 309 in dem Lager 318
15 einen Lagerbereich 321 aufweist. Die Turbinenwelle 309 ist auf einem weiteren Lager 324 neben der Hochdruck-Teilturbine 300 aufgelagert. Im Bereich dieses Lagers 324 weist die Hochdruck-Teilturbine 300 eine Wellendichtung 345 auf. Die Turbinenwelle 309 ist gegenüber dem Außengehäuse 315 der Mittel-
20 druck-Teilturbine 303 durch zwei weitere Wellendichtungen 345 abgedichtet.

Zwischen einem Hochdruck-Dampfeinströmbereich 348 und einem Dampfaustrittsbereich 351 weist die Turbinenwelle 309 in der
25 Hochdruck-Teilturbine 300 die Hochdruck-Laufbeschaufelung 354, 357 auf. Diese Hochdruck-Laufbeschaufelung 354, 357 stellt mit den zugehörigen, nicht näher dargestellten Laufschaufeln einen ersten Beschaufelungsbereich 360 dar.

30 Die Mitteldruck-Teilturbine 303 weist einen zentralen Dampfeinströmbereich 333 mit dem Innengehäuse 335 und dem Außengehäuse 334 auf. Dem Dampfeinströmbereich 333 zugeordnet weist die Turbinenwelle 309 eine radialsymmetrische Wellenabschirmung 363, eine Abdeckplatte, einerseits zur Teilung des
35 Dampfstromes in die beiden Fluten der Mitteldruck-Teilturbine 303 sowie zur Verhinderung eines direkten Kontaktes des heißen Dampfes mit der Turbinenwelle 309 auf. Die Turbinenwelle

309 weist in der Mitteldruck-Teilturbine 303 einen zweiten Bereich in Gehäusen 366, 367 der Beschaukelungsbereiche mit den Mitteldruck-Laufschaukeln 354, 342 auf. Der durch den zweiten Beschaukelungsbereich strömende heiße Dampf strömt aus der Mitteldruck-Teilturbine 303 aus einem Abströmstutzen 369 zu einer strömungstechnisch nachgeschalteten, nicht dargestellten Niederdruck-Teilturbine.

Die Turbinenwelle 309 ist aus zwei Teilturbinenwellen 309a und 309b zusammengesetzt, die im Bereich des Lagers 318 fest miteinander verbunden sind.

Insbesondere weist der Dampfeinströmbereich 333 jeglichen Dampfturbinentyps eine Wärmedämmschicht 7 und/oder eine Erosionsschutzschicht 13 auf.

Durch das kontrollierte Verformungsverhalten durch Aufbringen einer Wärmedämmschicht kann insbesondere der Wirkungsgrad einer Dampfturbine 300, 303 erhöht werden.

Dies erfolgt beispielsweise durch die Minimierung des Radialspalts (radial, d.h. senkrecht zur Achse 306) zwischen Rotor- und Statorteilen (Gehäuse) (Fig. 16, 17).

Ebenso kann ein axialer Spalt 378 (parallel zur Achse 306) durch das kontrollierte Verformungsverhalten von Beschaukelung des Rotors und Gehäuse minimiert werden.

Die folgenden Beschreibungen der Verwendung der Wärmedämmschicht 7 beziehen sich nur exemplarisch auf Bauteile 1 einer Dampfturbine 300, 303.

Figur 9 zeigt die Auswirkung von lokal unterschiedlichen Temperaturen auf das axiale Ausdehnungsverhalten eines Bauteils.

Figur 9a zeigt ein Bauteil 1, das sich durch eine Temperaturerhöhung (dT) ausdehnt (dL).

Die thermische Längenausdehnung dl ist gestrichelt angedeutet.

Eine Halterung, Lagerung oder eine Fixierung des Bauteils 1 lässt diese Ausdehnung zu.

5

Figur 9b zeigt ebenfalls ein Bauteil 1, das sich aufgrund einer Temperaturerhöhung ausdehnt.

Jedoch sind die Temperaturen in verschiedenen Bereichen des Bauteils 1 unterschiedlich. So ist beispielsweise in einem mittleren Bereich, beispielsweise dem Einströmbereich 333 mit dem Gehäuse 335 die Temperatur T_{333} größer als die Temperatur T_{366} des sich anschließenden Beschaukelungsbereichs (Gehäuse 366) und größer als in einem weiteren, sich anschließenden Gehäuse 367 (T_{367}).

15 Angedeutet ist durch die gestrichelten Linien mit dem Bezugszeichen 333_{gleich} die thermische Ausdehnung des Einströmbereichs 333, wenn alle Bereiche oder Gehäuse 333, 366, 367 eine gleichmäßige Temperaturerhöhung erfahren würden.

Da jedoch die Temperatur im Einströmbereich 333 größer als in den umliegenden Gehäusen 366 und 367 ist, dehnt sich der Einströmbereich 333 stärker aus als durch die gestrichelten Linien 333' angedeutet ist.

20 Da der Einströmbereich 333 zwischen dem Gehäusen 366 und einem weiteren Gehäuse 367 angeordnet ist, kann sich der Einströmbereich 333 nicht frei ausdehnen, so dass es zu einem ungleichmäßigen Verformungsverhalten kommt.

Durch die Aufbringung der Wärmedämmschicht 7 soll das Verformungsverhalten kontrolliert und/oder vergleichmäßigt werden.

30

Figur 10 zeigt eine vergrößerte Darstellung eines Bereichs 333 der Dampfturbine 300, 303.

Die Dampfturbine 300, 303 besteht in der Umgebung des Einströmbereichs 333 aus einem äußeren Gehäuse 334, an dem Temperaturen beispielsweise zwischen 250°C bis 350°C anliegen und einem Innengehäuse 335, an dem Temperaturen beispielsweise von 450° bis 620°C, aber auch bis 800°C

herrschen, so dass beispielsweise Temperaturunterschiede größer 200°C vorliegen.

Auf das Innengehäuse 335 des Dampfeinströmbereichs 333 auf der Innenseite 336 wird die Wärmedämmschicht 7 aufgebracht.

5 Auf die Außenseite 337 wird beispielsweise keine Wärmedämmschicht 7 aufgebracht.

Durch die Aufbringung einer Wärmedämmschicht 7 wird der Wärmeeintrag in das Innengehäuse 335 verringert, so dass das thermische Ausdehnungsverhalten des Gehäuses 335 des

10 Einströmbereichs 333 und das gesamte Verformungsverhalten der Gehäuse 335, 366, 367 beeinflusst wird. Dadurch kann das gesamte Verformungsverhalten des Innengehäuses 334 oder des Außengehäuses 335 kontrolliert eingestellt und vergleichmäßig werden.

15 Die Einstellung des Verformungsverhaltens von einem Gehäuse oder von Gehäusen untereinander (Fig. 9b) kann erfolgen durch eine Variation der Dicke der Wärmedämmschicht 7 (Fig. 12) und/oder die Aufbringung von verschiedenen Materialien an verschiedenen Stellen der Oberfläche des Gehäuses, siehe
20 beispielsweise Innengehäuse 335 in Figur 13.

Ebenso kann die Porosität an verschiedenen Stellen des Innengehäuses 335 verschieden sein (Fig. 14).

Die Wärmedämmschicht 7 kann lokal begrenzt, beispielsweise nur im Innengehäuse 335 im Bereich des Einströmbereichs 333
25 aufgebracht sein.

Ebenso kann die Wärmedämmschicht 7 nur im Beschaufelungsbereich 366 lokal aufgebracht sein (Fig. 11).

Unter verschiedenen Gehäusen werden in der Anmeldung Gehäuse
30 verstanden, die in axialer Richtung aneinander (335 an 336) angrenzen und nicht Gehäuseteile, die aus zwei Teilen (Oberhälfte und Unterhälfte) bestehen, wie z.B. dem zweiteiligen Gehäuse der DE-PS 723 476, das in radialer Richtung zweigeteilt ist.

35

Figur 12 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Verwendung einer Wärmedämmschicht 7.

Hier ist die Dicke der Wärmedämmschicht 7 im Einströmbereich 333 dicker, beispielsweise mindestens 50% dicker ausgeführt als im Gehäuse 366 des Beschaufelungsbereichs der Dampfturbine 300, 303.

Durch die Dicke der Wärmedämmschicht 7 wird der Wärmeeintrag und damit die thermische Ausdehnung und somit das Verformungsverhalten des Innengehäuses 334, bestehend aus dem Einströmbereich 333 und dem Gehäuse 366 des Beschaufelungsbereichs, kontrolliert eingestellt und (über die axiale Länge) vergleichmäßigt werden.

Ebenso kann im Bereich des Einströmbereichs 333 ein anderes Material vorhanden sein als im Gehäuse 366 des Beschaufelungsbereichs.

Figur 13 zeigt verschiedene Materialien der Wärmedämmschicht 7 in verschiedenen Gehäuse 335, 366 des Bauteils 1.

In den Bereichen bzw. den Gehäusen 335, 366 ist eine Wärmedämmschicht 7 aufgebracht. Jedoch besteht die Wärmedämmschicht 8 im Bereich des Einströmbereichs 333 aus einem ersten Wärmedämmschichtmaterial, hingegen besteht das Material der Wärmedämmschicht 9 im Gehäuse 366 des Beschaufelungsbereichs aus einem zweiten Wärmedämmschichtmaterial.

Durch das unterschiedliche Material für die Wärmedämmschichten 8, 9 wird eine unterschiedliche Wärmedämmung erreicht, wodurch das Verformungsverhalten des Bereichs 333 und der Bereich des Gehäuses 366 eingestellt wird, insbesondere vergleichmäßigt wird.

Eine höhere Wärmedämmung wird dort (333) eingestellt, wo höheren Temperaturen herrschen.

Die Dicke und/oder die Porosität der Wärmedämmschichten 8, 9 kann gleich sein.

Ebenso kann natürlich auf den Wärmedämmschichten 8, 9 eine Erosionsschutzschicht 13 angeordnet sein.

5 Figur 14 zeigt ein Bauteil 1, 300, 303, bei dem in verschiedenen Gehäusen 335, 366 unterschiedliche Porositäten von 20 bis 30% vorhanden sind.
So weist beispielsweise der Einströmbereich 333 mit der Wärmedämmschicht 8 eine höhere Porosität auf als die Wärmedämmschicht 9 des Gehäuses des Beschaufelungsbereichs, wodurch im
10 Einströmbereich 333 eine höhere Wärmedämmung erzielt wird als durch die Wärmedämmschicht 9 im Gehäuse 366 des Beschaufelungsbereichs.
Die Dicke und das Material der Wärmedämmschichten 8, 9 kann
15 ebenfalls unterschiedlich sein.
Somit wird bspw. durch die Porosität die Wärmedämmung einer Wärmedämmschicht 7 unterschiedlich eingestellt, wodurch das Verformungsverhalten von verschiedenen Bereichen/Gehäusen 333, 366 eines Bauteils 1 eingestellt werden kann.

20

Ebenso kann die oben beschriebene Wärmedämmschicht 7 in den von einem Dampferzeuger (bspw. Kessel) nachgeschalteten Rohrleitungen (z.B. Kanal 46, Fig. 15; Einströmbereich 351
25 Fig. 8) zum Transport des überhitzten Dampfes oder anderer Heißdampf führender Leitungen und Armaturen, wie z.B. Bypassleitungen, Bypassventile oder Prozessdampfleitungen eines Kraftwerkes jeweils an deren Innenseiten aufgebracht werden.

30

Eine weitere vorteilhafte Anwendung ist die Beschichtung mit der Wärmedämmschicht 7 von dampfführenden Komponenten in Dampferzeugern (Kesseln) an der Seite, die dem jeweils heißeren Medium (Rauchgas oder überhitzter Dampf) ausgesetzt
35 ist. Beispiele für derartige Komponenten sind Sammler oder Abschnitte eines Durchlaufkessels, die nicht der Aufheizung

von Dampf dienen sollen bzw. die aus anderen Gründen vor dem Angriff heißer Medien geschützt werden sollen.

Weiterhin lässt sich durch die Wärmedämmschicht 7 auf der Außenseite eines Kessels, insbesondere eines Durchlaufkessels, insbesondere eines Benson-Boilers, eine Isolierwirkung erzielen, die eine Reduzierung des Brennstoffverbrauchs zur Folge hat.

Ebenso kann auf den Wärmedämmschichten 8, 9 eine Erosionsschutzschicht 13 vorhanden sein.

Durch die Maßnahmen gemäß Figuren 11, 12 und 13 werden die axialen Spiele zwischen Rotor und Stator (Gehäuse) eingestellt, da die thermisch bedingte Ausdehnung trotz unterschiedlicher Temperaturen oder thermischer Ausdehnungskoeffizienten angepasst wird ($dl_{333} \approx dl_{366}$). Die Temperaturunterschiede bestehen auch im stationären Zustand der Turbine.

Figur 15 zeigt ein weiteres Anwendungsbeispiel für die Verwendung einer Wärmedämmschicht 7, nämlich ein Ventilgehäuse 34 eines Ventils 31, in das durch einen Einströmkanal 46 ein heißer Dampf einströmt.

Der Einströmkanal 46 bewirkt eine mechanische Schwächung des Ventilgehäuses 34.

Das Ventil 31 besteht beispielsweise aus einem topfförmigen Gehäuse 34 und einem Deckel oder Gehäuse 37.

Innerhalb des Gehäuseteils 34 ist ein Ventilkolben, bestehend aus einem Ventilkegel 40 und einer Spindel 43 vorhanden.

Infolge Bauteil-Kriechens kommt es zu einem ungleichförmigen axialen Verformungsverhalten des Gehäuses 40 und des Deckels

37. Das Ventilgehäuse 34 würde sich, wie gestrichelt angedeutet, im Bereich des Kanals 46 axial stärker ausdehnen, so dass es zu einer Verkipfung des Deckels 37 mit der Spindel 43

kommt. Dadurch sitzt der Ventilkegel 34 nicht mehr richtig auf, so dass die Dichtheit des Ventils 31 reduziert wird. Durch die Aufbringung einer Wärmedämmschicht 7 auf eine Innenseite 49 des Gehäuses 34 wird eine Vergleichmäßigung des Verformungsverhaltens erreicht, so dass sich beide Enden 52, 55 des Gehäuses 34 und des Deckels 37 gleichmäßig ausdehnen.

Insgesamt dient das Aufbringen der Wärmedämmschicht dazu, das Verformungsverhalten zu kontrollieren und damit die 7 Dichtheit des Ventils 31 zu gewährleisten.

Figur 16 zeigt einen Stator 58, beispielsweise ein Gehäuse 335, 366, 367 einer Turbine 300, 303 und ein rotierendes Bauteil 61 (Rotor), insbesondere eine Turbinenschaufel 120, 130, 342, 354.

Das Temperatur-Zeit-Diagramm $T(t)$ für den Stator 58 und den Rotor 61 zeigt beispielsweise beim Abfahren der Turbine 300, 303, dass die Temperatur T des Stators 58 schneller absinkt als die Temperatur des Rotors 61. Dadurch schrumpft das Gehäuse 58 stärker als der Rotor 61, so dass das Gehäuse 58 sich dem Rotor nähert. Daher muss ein entsprechender Abstand d zwischen Stator 58 und Rotor 61 im kalten Zustand vorhanden sein, um in dieser Betriebsphase ein Anstreifen des Rotors 61 an das Gehäuse 58 zu verhindern.

Bei einem großen Rotor beträgt das radiale Spiel bei den dort verwendeten Einsatztemperaturen von 600K 3,0 bis 4,5 mm.

Bei kleineren Dampfturbinen, die Einsatztemperaturen von 500K aufweisen, beträgt der radiale Spalt 2,0 bis 2,5 mm.

In beiden Fällen kann durch eine Temperaturunterschiedsabsenkung von 50K eine Reduzierung dieses Spalts von 0,3 bis 0,5 bzw. bis 0,8 mm erreicht werden.

Dadurch kann weniger Dampf zwischen Gehäuse 58 und Turbinenschaufel 61 vorbeiströmen, so dass sich der Wirkungsgrad wieder erhöht.

5

In Figur 17 ist auf den Stator (nicht rotierendes Bauteil) 58 eine Wärmedämmschicht 7 aufgebracht.

Die Wärmedämmschicht 7 bewirkt eine größere thermische Trägheit des Stators 58 oder des Gehäuses 335, das sich stärker
10 oder schneller erwärmt.

In dem Temperatur-Zeit-Diagramm ist wiederum der zeitliche Verlauf der Temperaturen T des Stators 58 und des Rotors 61 gezeigt. Durch die Wärmedämmschicht 7 auf dem Stator 58 steigt die Temperatur des Stators 58 nicht so schnell an und
15 der Unterschied zwischen den beiden Kurven ist geringer. Dies ermöglicht einen geringeren radialen Spalt d7 auch bei Raumtemperaturen zwischen Rotor 61 und Stator 58, so dass der Wirkungsgrad der Turbine 300, 303 infolge eines geringeren Spaltes im Betrieb entsprechend erhöht wird.

20

Die Wärmedämmschicht 7 kann auch auf dem Rotor 61, also beispielsweise den Turbinenschaufeln 342, 354, 357 aufgebracht sein, um denselben Effekt zu erzielen.

25 Das Abstands-Zeit-Diagramm zeigt, dass ein kleinerer Abstand d7 ($d7 < d_i < d_s$) bei Raumtemperatur RT vorhanden ist, der nicht zum Anstreifen von Stator 58 und Rotor 61 führt.

Die Temperaturunterschiede und damit einhergehende Spaltänderungen sind bedingt durch instationäre Zustände (Starten, Lastwechsel, Abfahren) der Dampfturbine 300, 303, wohingegen
30 im stationären Betrieb keine Probleme mit Änderungen radialer Abstände bestehen.

35

Figur 18 zeigt den Einfluss der Aufbringung einer Wärmedämmschicht auf ein wiederaufgearbeitetes Bauteil.

Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass Bauteile, die im Einsatz waren ggf. repariert werden, d.h., dass sie von Korrosions- und Oxidationsprodukten befreit werden, sowie Risse ggf. detektiert und beispielsweise durch Auffüllen mit Lot repariert werden.

Jedes Bauteil 1 hat eine bestimmte Lebensdauer, bis es zu 100% geschädigt ist.

Wenn das Bauteil 1, beispielsweise eine Turbinenschaufel oder ein Innengehäuse 334, zu einem Zeitpunkt t_s inspiziert und ggf. wieder aufgearbeitet wird, ist ein bestimmter Prozentsatz der Schädigung erreicht. Der zeitliche Verlauf der Schädigung des Bauteils 1 ist mit dem Bezugszeichen 22 gekennzeichnet. Nach dem Servicezeitpunkt t_s würde die Schädigungskurve ohne eine Wiederaufarbeitung anhand der gestrichelten Linie 25 weiter verlaufen. Die restliche Betriebsdauer wäre dadurch relativ kurz.

Durch die Aufbringung einer Wärmedämmschicht 7 auf das vorgeschädigte oder mikrostrukturell veränderte Bauteil 1 wird die Einsatzdauer des Bauteils 1 erheblich verlängert. Durch die Wärmedämmschicht 7 werden der Wärmeeintrag und die Schädigung von Bauteilen verringert, so dass der Lebensdauerungsverlauf anhand der Kurve 28 weiter verläuft. Dieser Verlauf der Kurve ist gegenüber dem Kurvenverlauf 25 deutlich abgeflacht, so dass ein solches beschichtetes Bauteil 1 mindestens noch mal so lang eingesetzt werden kann.

Nicht in jedem Fall muss die Lebensdauer des Bauteils, das inspiziert worden ist, verlängert werden, sondern es kann auch allein beabsichtigt sein, durch das erstmalige oder wiederholte Aufbringen der Wärmedämmschicht 7 das Verformungsverhalten von Gehäuseteilen zu kontrollieren und zu vergleichen wodurch der Wirkungsgrad wie oben beschrieben durch die Einstellung der Radialspalte zwischen Rotor und Ge-

häuse sowie des Axialspaltes zwischen Rotor und Gehäuse erhöht wird.

Daher kann die Wärmedämmschicht 7 vorteilhafterweise auch auf nicht zu reparierende Bauteile 1 oder Gehäuseteile aufgebracht werden.

5

Patentansprüche

1. Verwendung einer Wärmedämmschicht (7) für eine Dampftur-
bine (300, 303),

5 die aus einem oder mehreren Gehäusen (34, 37, 334, 335,
366, 367) besteht,

zur zumindest teilweisen oder ganzen Anpassung eines
unterschiedlichen thermischen Verformungsverhaltens des
oder der Gehäuse (34, 37, 334, 335, 366, 367) untereinander,
10

insbesondere zwischen Raumtemperatur und Betriebstempera-
tur, und

wobei das Gehäuse (34, 37, 334, 335, 366, 367) einer
Temperaturdifferenz,

15 insbesondere von mindestens 200°C,

gegeben durch eine höhere Temperatur auf der einen Seite
(336) des Gehäuses (34, 37, 334, 335, 366, 367) und einer
niedrigeren Temperatur auf der anderen Seite (337) des
Gehäuses (34, 37, 334, 335, 366, 367),

20 ausgesetzt ist,

wobei die Wärmedämmschicht (7) auf der Seite (336) des
Gehäuses (34, 37, 334, 335, 366, 367) mit der höheren
Temperatur aufgebracht ist.

25

30

35

2. Verwendung einer Wärmedämmschicht (7) für eine Dampfturbine (300, 303),
die ein oder mehrere Gehäuse (366, 367) eines
Beschaufelungsbereichs aufweist,
5 zur Verringerung radialer Spiele in der Dampfturbine (300, 303),
wobei die Wärmedämmschicht (7) auf dem Gehäuse (366, 367)
des Beschaufelungsbereichs vorhanden ist und/oder
wobei die Wärmedämmschicht (7) auf einer Turbinenschaufel
10 (342, 354, 357) vorhanden ist.

3. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,

15 dass die Wärmedämmschicht (7) für ein Gehäuse (34, 334, 335) verwendet wird,
das an ein anderes Gehäuse (37, 366, 367) angrenzt, und
dass das Verformungsverhalten des Gehäuses (34, 334, 335)
20 gegenüber dem angrenzenden Gehäuse (37, 366, 367) angepasst,
insbesondere gleichmäßig wird.

25 4. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmedämmschicht (7) für ein Gehäuse (335) eines
Dampfeinströmbereichs (333) einer Dampfturbine (300, 303)
verwendet wird,
30 das an zumindest ein Gehäuse (366, 367) eines
Beschaufelungsbereichs angrenzt, und
dass das Verformungsverhalten des Gehäuses (335) des
Dampfeinströmbereichs (333) dem Verformungsverhalten des
angrenzenden Gehäuses (366, 367) des Beschaufelungsbereichs angepasst wird.
35

5. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmschicht (7) für zumindest ein Gehäuse (34,
37) eines Ventils (31) verwendet wird.

6. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Wärmedämmschicht (7) für ein Gehäuse (34, 37,
335, 366, 367) verwendet wird,
das aus einem Substrat (4) und einer Wärmedämmschicht (7)
besteht, und

dass das Substrat (4) aus einer eisen-, nickel- oder
kobaltbasierten Legierung besteht.

7. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 bis 6,
die (7) zumindest teilweise,
insbesondere ganz aus Zirkonoxid (ZrO_2) besteht.

8. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 bis 7,
die (7) zumindest teilweise,
insbesondere ganz aus Titanoxid (TiO_2) besteht.

9. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 2, 7
oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Wärmedämmschicht (7) für ein Gehäuse (34, 37, 335,
366, 367) verwendet wird,
wobei unterhalb der Wärmedämmschicht (7) des Gehäuses (34,
37, 335, 366, 367) eine Zwischenschutzschicht (10),
insbesondere eine MCrAlX-Schicht, vorhanden ist,
10 wobei M für zumindest ein Element der Gruppe Nickel,
Kobalt und/oder insbesondere Eisen steht
sowie X Yttrium und/oder Silizium und/oder zumindest ein
Element der Seltenen Erden ist.

15

10. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

20 die höhere Temperatur mindestens 450°C,
insbesondere bis zu 800°C beträgt.

11. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass

25

die für die Zwischenschutzschicht (10) ein Material beste-
hend aus

11,5 wt% - 20 wt%, insbesondere 12,5 wt% - 14 wt% Chrom,
0,3 wt% - 1,5 wt%, insbesondere 0,5 wt% - 1 wt% Silizium,
30 0,0 wt% - 1,0 wt%, insbesondere 0,1 wt% - 0,5 wt% Alumi-
nium
sowie Rest Eisen verwendet wird.

35

12. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 2, 7,
8,9 oder 11,
dadurch gekennzeichnet,

5 dass die Wärmedämmschicht (7) für ein Gehäuse (34, 37,
335, 366, 367) verwendet wird, und
dass auf der Wärmedämmschicht (7) eine Erosionsschutz-
schicht (13),
insbesondere eine metallische Erosionsschutzschicht (13)
10 vorhanden ist.

13. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
15 als Erosionsschutzschicht (13) eine eisen-, nickel-,
chrom- oder kobaltbasierte Legierung,
insbesondere NiCr 80/20, verwendet wird.

20 14. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Erosionsschutzschicht (13) verwendet wird,
25 die eine geringere Porosität als die Wärmedämmschicht (7)
aufweist.

15. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 2, 7,
30 8 oder 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
die porös ist.
35

16.. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 2, 7,
8, 14 oder 15,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
die einen Gradienten in der Porosität aufweist.

17. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 16,
10 dadurch gekennzeichnet, dass

eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
deren Porosität in einem äußeren Bereich der Wärmedämm-
schicht (7) am größten ist.

15

18. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, dass

20 eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
deren Porosität im äußeren Bereich der Wärmedämmschicht
(7) am kleinsten ist.

25 19. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder
2,
dadurch gekennzeichnet, dass

eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
30 deren Dicke lokal (335, 366, 367) verschieden ist.

35

20. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder 19,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
deren Material lokal (335, 366, 367) verschieden ist.

21. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 19,
10 oder 20,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmschicht (7) nur lokal in bestimmten Bereichen
der Oberflächen von Gehäusen (34, 37, 334, 335, 366, 367)
15 eines Ventils (31) oder Turbine (300, 303) aufgebracht
wird.

22. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder
20 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmschicht (7) nur im Dampfeinströmbereich (333)
der Dampfturbine (300, 303) verwendet wird.

25

23. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 19,
20 oder 21,
dadurch gekennzeichnet, dass

30

die Wärmedämmschicht (7) im Einströmbereich (333) und im
Gehäuse (366) des Beschaufelungsbereichs der Dampfturbine
(300, 303) verwendet wird.

35

24. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder
21,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Wärmedämmschicht (7) nur lokal im Gehäuse (366) des
Beschaufelungsbereichs verwendet wird.

10 25. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder
19,
dadurch gekennzeichnet, dass

15 die Dicke der Wärmedämmschicht (7) im Gehäuse (335) des
Einströmbereich (333) größer ist als im Gehäuse (366) des
Beschaufelungsbereichs.

20 26. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder
2,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmschicht (7) bei wieder aufzuarbeitenden
Gehäusen (34 ,37, 335, 366, 367) verwendet wird.

25 27. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder
2,
dadurch gekennzeichnet, dass

30 die Wärmedämmschicht (7) für ein Ventil (31) oder Gehäuse
(334, 335, 366, 367) verwendet wird,
ohne dass die maximale Arbeitstemperatur in der Dampftur-
bine (300, 303) erhöht wird.

35

28. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach zumindest einem der Ansprüche 15 bis 21, 23, 26 oder 27 oder 30, dadurch gekennzeichnet, dass

5 durch die Verwendung der Wärmedämmschicht (7) das gesamte Verformungsverhalten von verschiedenen Gehäusen (34 ,37, 334, 335, 366, 367) eingestellt wird, indem die Porosität oder die Dicke oder das Material der Wärmedämmschicht (7) lokal variiert werden.
10

29. Dampfturbine (300, 303), die zumindest zwei Gehäuse (335, 366, 367) aufweist, von denen zumindest ein Gehäuse (335, 366, 367) eine
15 Wärmedämmschicht (7) aufweist, dadurch gekennzeichnet,

dass die Wärmedämmschicht (7, 8, 9) in zumindest zwei
20 Gehäusen (335, 366, 367) vorhanden ist, die insbesondere in axialer Richtung aneinander angrenzen, wobei in den Gehäusen (335, 366, 367) eine unterschiedliche Wärmedämmwirkung der Wärmedämmschicht (7, 8, 9) vorhanden ist,
25 insbesondere dadurch dass die Wärmedämmschicht (7, 8, 9) verschiedene Materialien und/oder verschiedene Dicken und/oder verschiedene Porositäten in den zumindest zwei Gehäusen (335, 366, 367) aufweist.

30

30. Dampfturbine nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass

35 die Wärmedämmschicht (7) im Gehäuse (335) des Einströmbereich (333) angeordnet ist.

31. Dampfturbine nach Anspruch 29 oder 30,
dadurch gekennzeichnet, dass

5

die Wärmedämmschicht (7) im Betrieb Temperaturen bis maximal 800°C,
insbesondere bis 650°C. ausgesetzt ist.

1/9

FIG 1

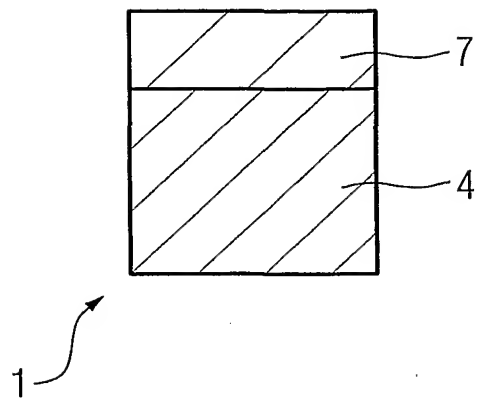


FIG 2

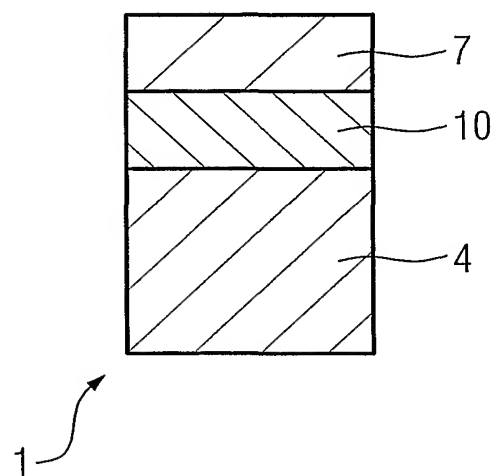


FIG 3

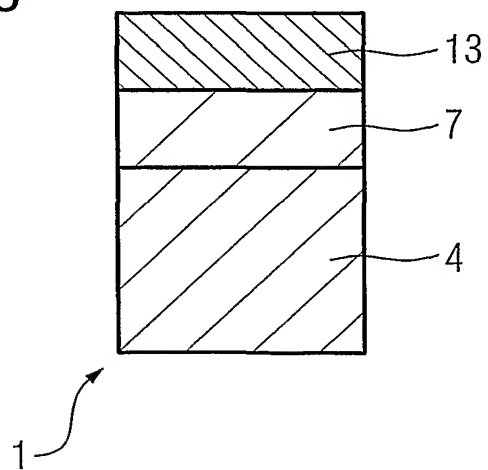


FIG 4

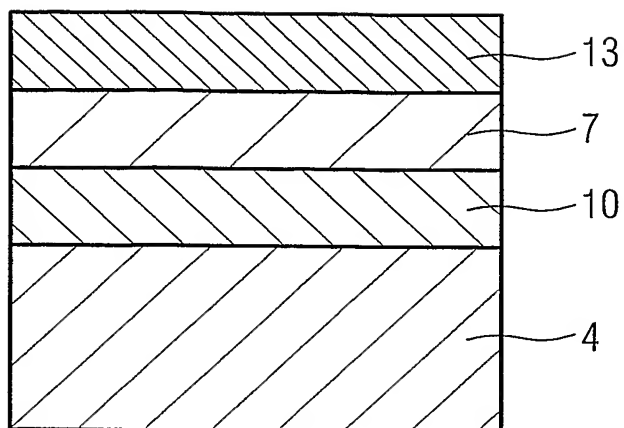


FIG 5

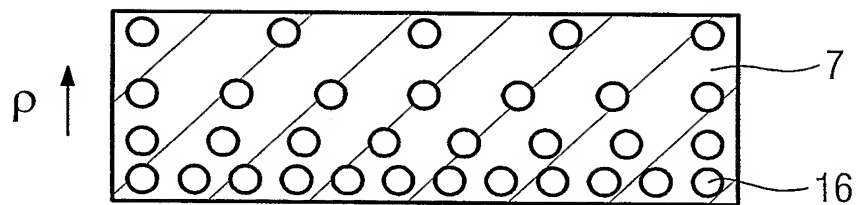


FIG 6

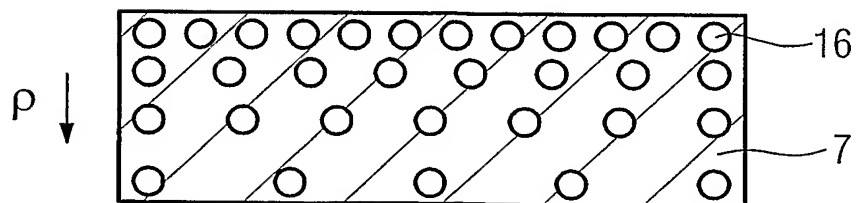


FIG 7A

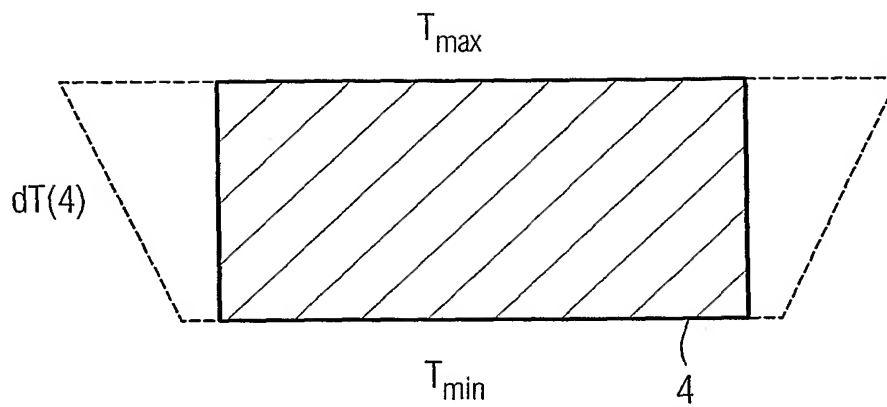


FIG 7B

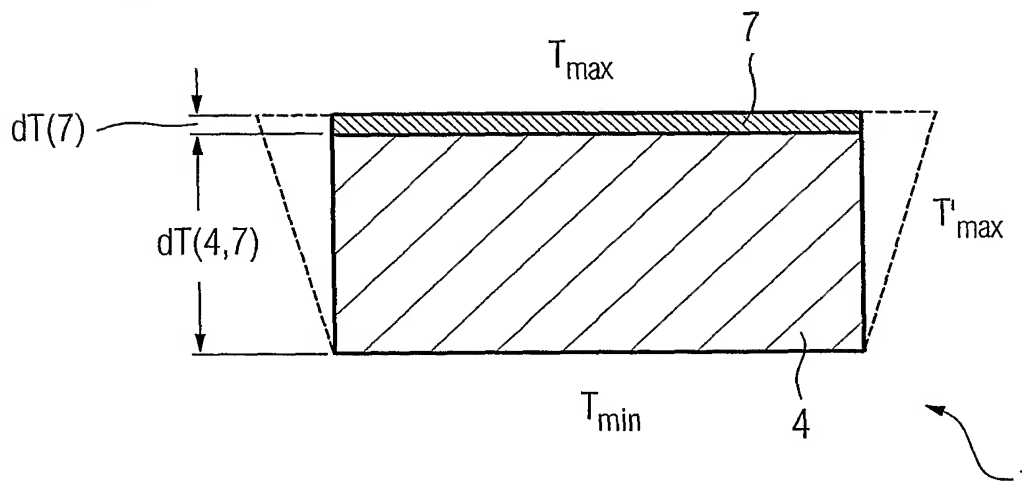


FIG 8

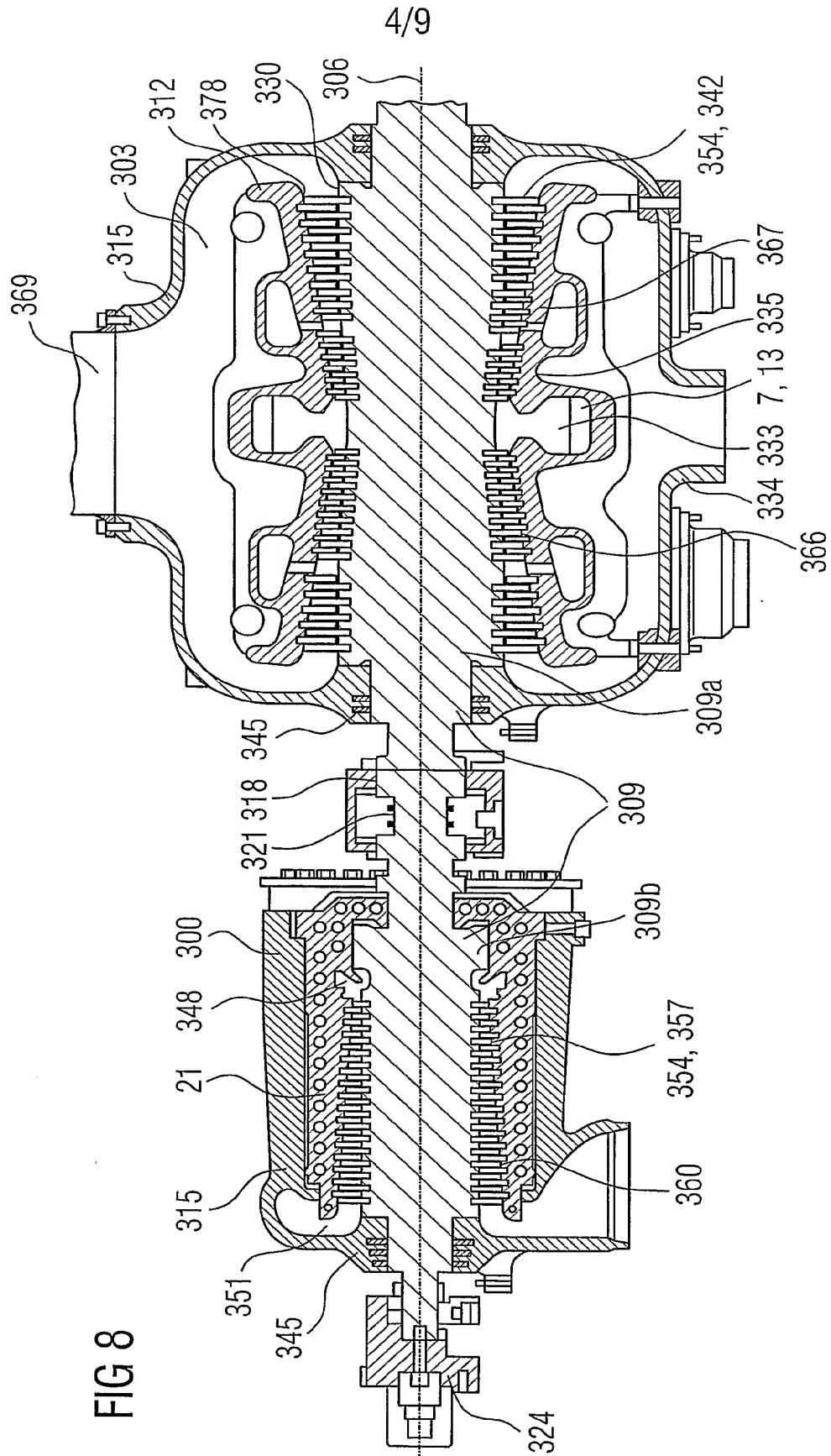


FIG 9A

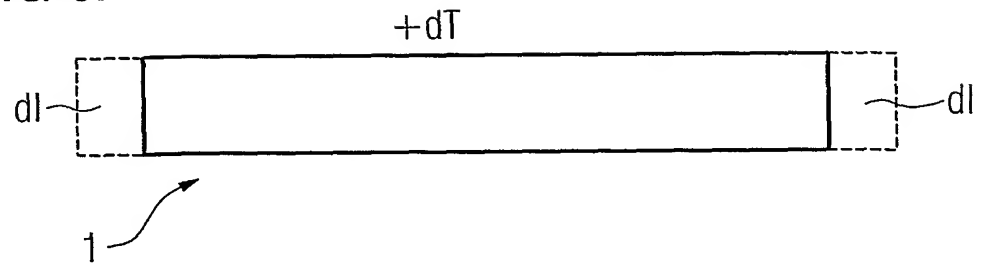


FIG 9B

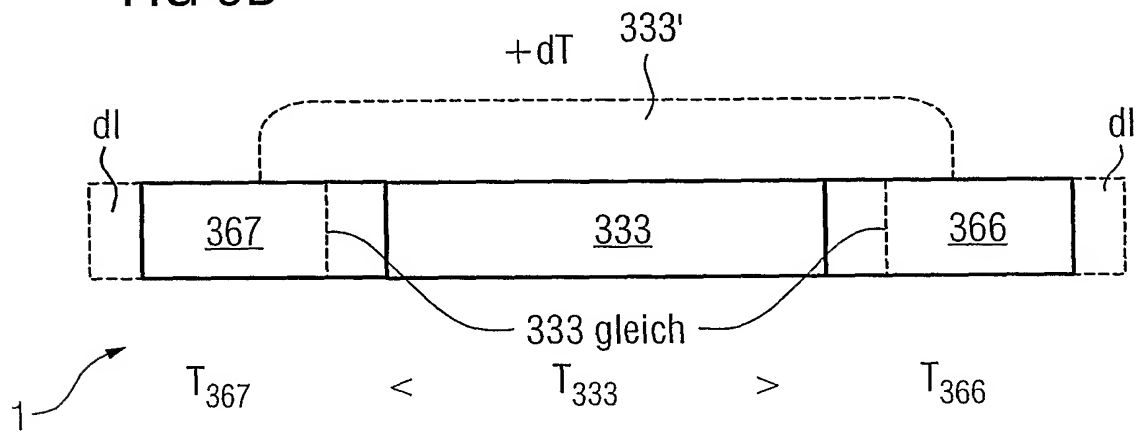
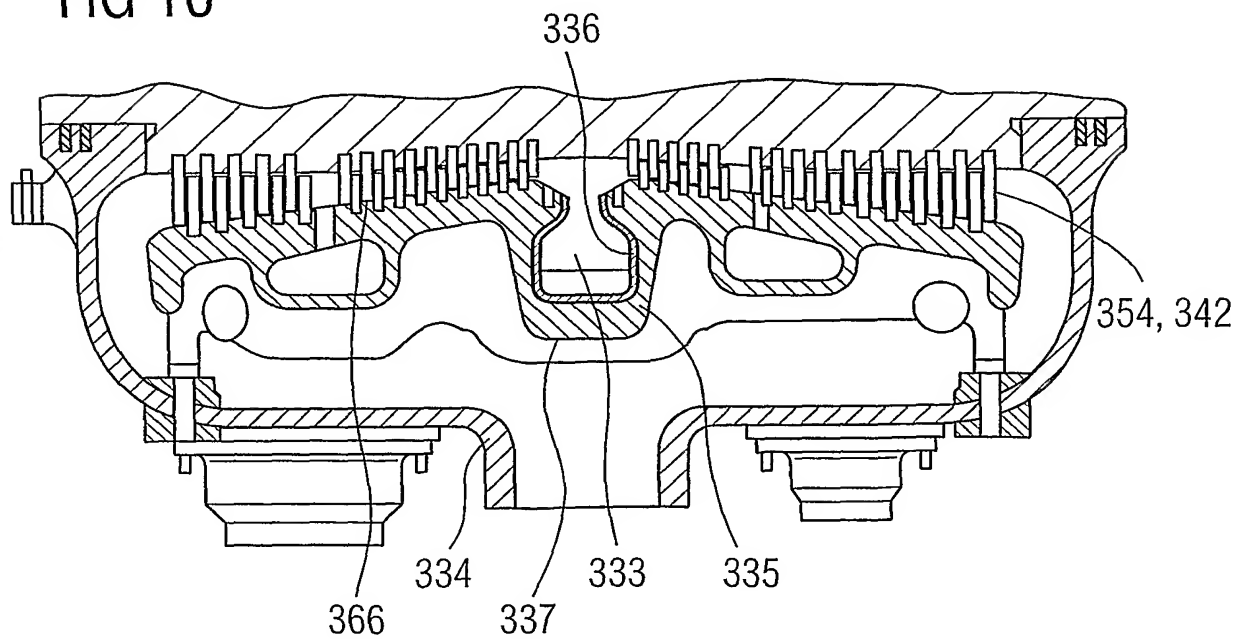


FIG 10



6/9

FIG 11

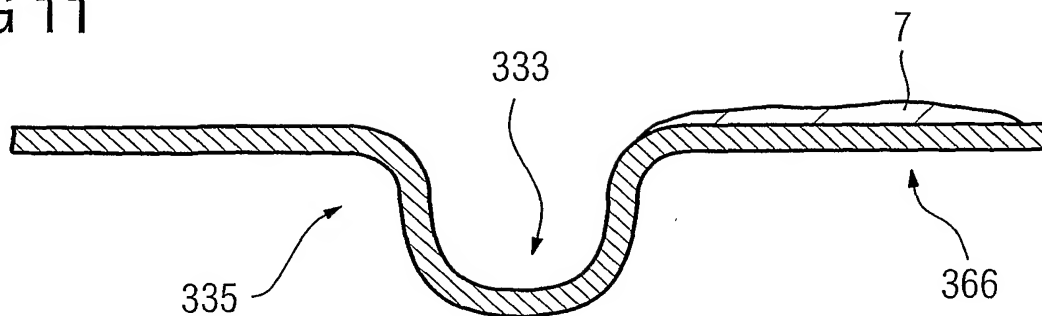


FIG 12

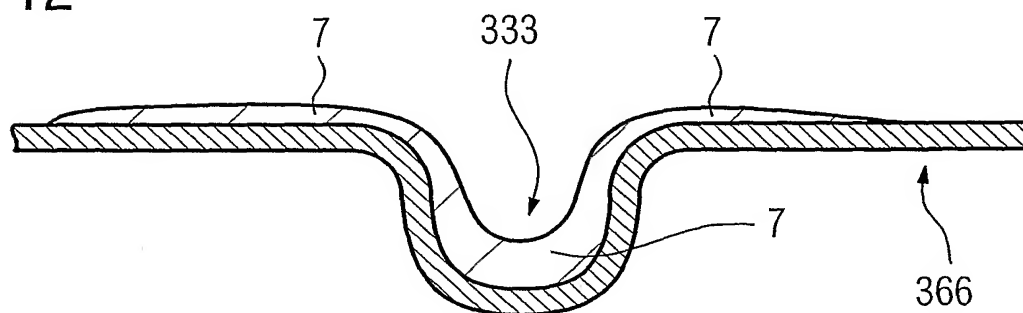
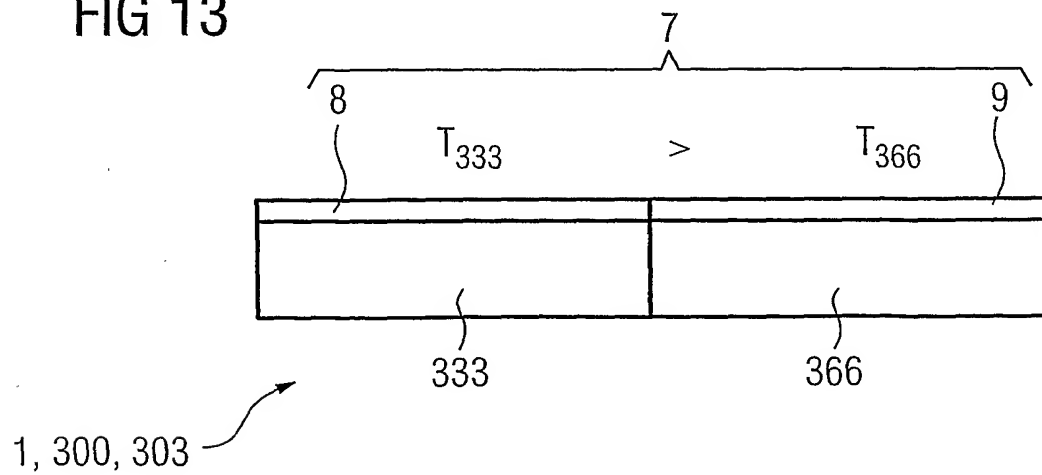


FIG 13



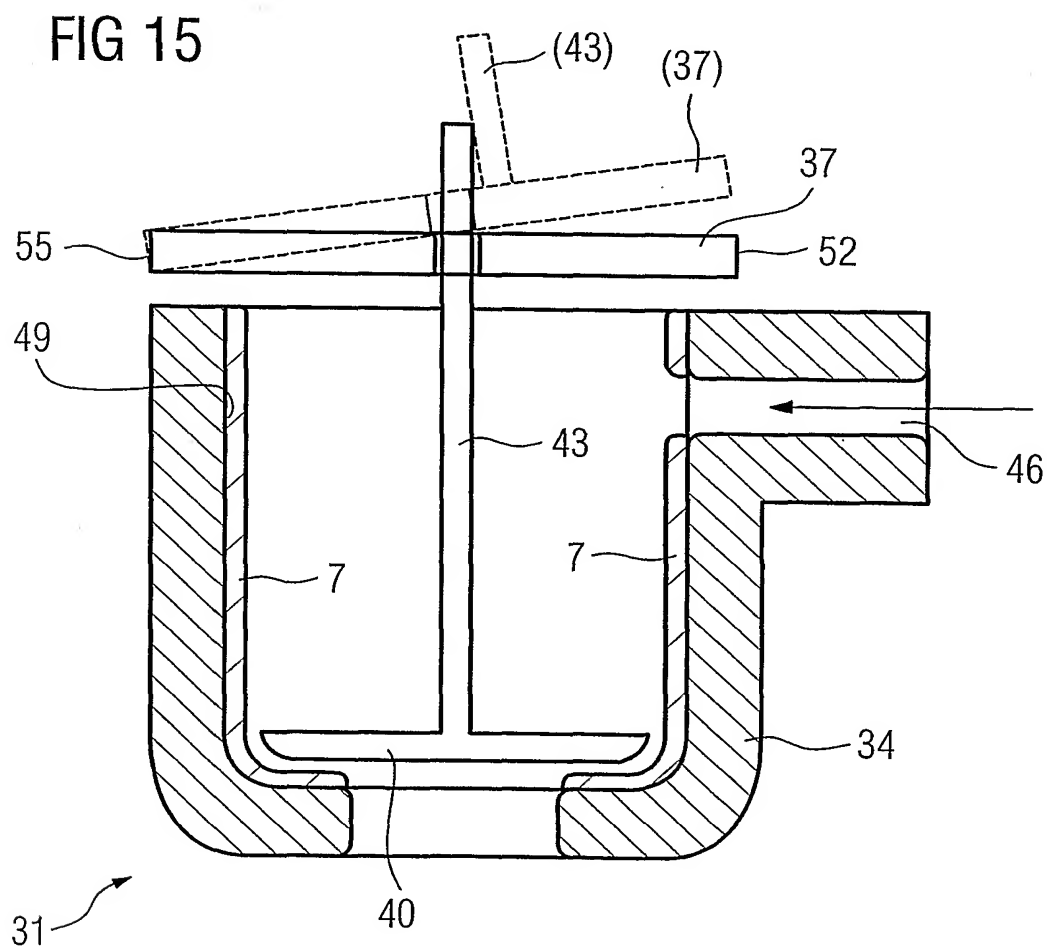
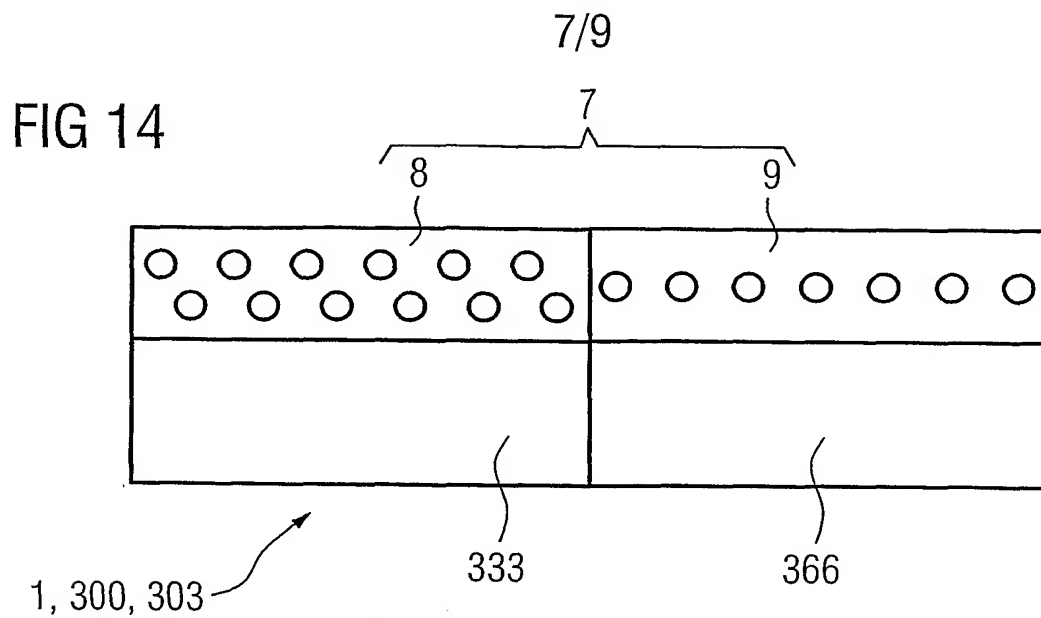
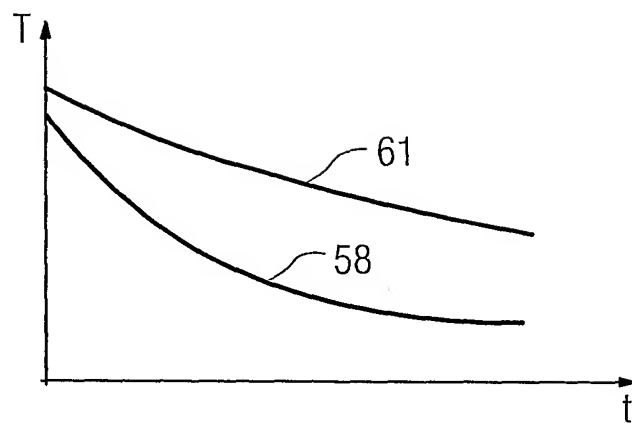
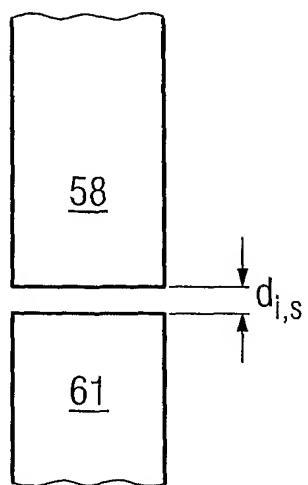
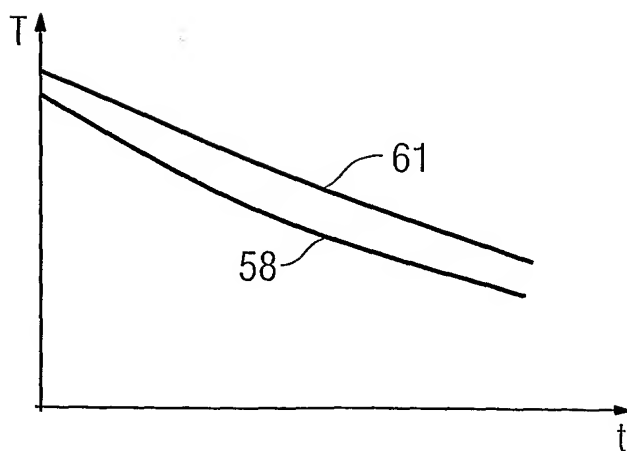
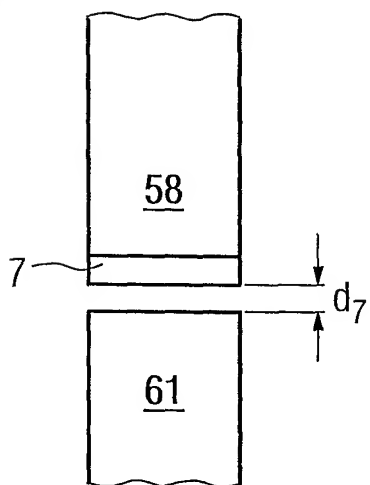


FIG 16



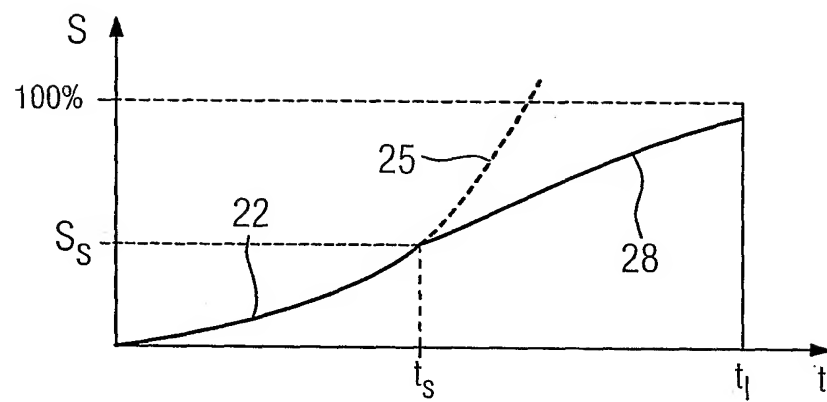
----- 306

FIG 17



----- 306

FIG 18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/013651

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F01D25/14 F01D11/18 F01D5/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 195 35 227 A (ASEA BROWN BOVERI) 27 March 1997 (1997-03-27) cited in the application	1, 21, 22, 27
Y	the whole document	3, 9, 14-16, 18-20, 23, 24, 29
Y	----- US 5 350 599 A (RIGNEY DAVID V ET AL) 27 September 1994 (1994-09-27) abstract; figures 1, 2, 5 column 1, line 29 - column 2, line 66 column 3, line 14 - line 61 column 4, line 27 - column 5, line 39 column 6, line 45 - line 58 ----- -/-	9, 14-16, 18

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 January 2005

Date of mailing of the international search report

26/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

de Rooij, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/EP2004/013651

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 336 789 B1 (HUSTER JOSEF ET AL) 8 January 2002 (2002-01-08) abstract; figures column 1, line 4 - line 5 column 1, line 21 - line 40 column 1, line 56 - column 2, line 7 -----	3,19,20, 23,24,29
X	US 6 345 953 B1 (GOBRECHT EDWIN ET AL) 12 February 2002 (2002-02-12)	29
A	abstract; figures 1,4 column 1, line 12 - line 59 column 2, line 43 - column 3, line 40 -----	1,3,7, 20,21,28
X	US 4 405 284 A (ALBRECHT GUENTER ET AL) 20 September 1983 (1983-09-20) cited in the application abstract; figures column 1, line 5 - line 8 column 1, line 34 - line 62 column 2, line 49 - column 3, line 26 -----	2,6,7,9, 12,13
X	DE 723 476 C (BBC BROWN BOVERI & CIE) 5 August 1942 (1942-08-05) cited in the application	1-3,19, 20,29
A	the whole document -----	28
X	EP 0 374 603 A (GRUENZWEIG & HARTMANN MONTAGE ; DAIMLER BENZ AG (DE)) 27 June 1990 (1990-06-27)	1,2,4,6
A	column 1, line 1 - line 8 column 1, line 48 - column 2, line 33 column 3, line 11 - line 33; figures 1,2 -----	22,23, 29,30
X	US 5 645 399 A (ANGUS TODD JAMES) 8 July 1997 (1997-07-08)	2
A	abstract; figure 3 column 1, line 7 - line 9 column 1, line 40 - column 2, line 9	21,24
A	column 2, line 31 - line 44 -----	21,24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP2004/013651

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19535227	A	27-03-1997	DE 19535227 A1	27-03-1997
US 5350599	A	27-09-1994	NONE	
US 6336789	B1	08-01-2002	EP 1022439 A1	26-07-2000
			CN 1261643 A	02-08-2000
			DE 59909395 D1	09-06-2004
			JP 2000213305 A	02-08-2000
US 6345953	B1	12-02-2002	DE 19806809 C1	25-03-1999
			CN 1119509 B	27-08-2003
			WO 9942705 A1	26-08-1999
			DE 59805746 D1	31-10-2002
			EP 1056932 A1	06-12-2000
			JP 2002504641 T	12-02-2002
US 4405284	A	20-09-1983	DE 3018620 A1	26-11-1981
			DE 8013163 U1	13-10-1988
			FR 2482664 A1	20-11-1981
			GB 2076066 A ,B	25-11-1981
			GB 2131099 A ,B	13-06-1984
			JP 1690501 C	27-08-1992
			JP 3046654 B	16-07-1991
			JP 57049027 A	20-03-1982
DE 723476	C	05-08-1942	FR 956938 A	10-02-1950
			GB 643792 A	27-09-1950
EP 0374603	A	27-06-1990	DE 3843663 A1	28-06-1990
			EP 0374603 A1	27-06-1990
US 5645399	A	08-07-1997	DE 69605045 D1	09-12-1999
			DE 69605045 T2	08-06-2000
			EP 0839262 A1	06-05-1998
			JP 11502913 T	09-03-1999
			WO 9628643 A1	19-09-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/013651

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F01D25/14 F01D11/18 F01D5/28

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 195 35 227 A (ASEA BROWN BOVERI) 27. März 1997 (1997-03-27) in der Anmeldung erwähnt	1,21,22, 27
Y	das ganze Dokument	3,9, 14-16, 18-20, 23,24,29
Y	US 5 350 599 A (RIGNEY DAVID V ET AL) 27. September 1994 (1994-09-27) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,5 Spalte 1, Zeile 29 - Spalte 2, Zeile 66 Spalte 3, Zeile 14 - Zeile 61 Spalte 4, Zeile 27 - Spalte 5, Zeile 39 Spalte 6, Zeile 45 - Zeile 58 ----- -/--	9,14-16, 18

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Januar 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

26/01/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

de Rooij, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/013651

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 336 789 B1 (HUSTER JOSEF ET AL) 8. Januar 2002 (2002-01-08) Zusammenfassung; Abbildungen Spalte 1, Zeile 4 - Zeile 5 Spalte 1, Zeile 21 - Zeile 40 Spalte 1, Zeile 56 - Spalte 2, Zeile 7	3,19,20, 23,24,29
X	US 6 345 953 B1 (GOBRECHT EDWIN ET AL) 12. Februar 2002 (2002-02-12)	29
A	Zusammenfassung; Abbildungen 1,4 Spalte 1, Zeile 12 - Zeile 59 Spalte 2, Zeile 43 - Spalte 3, Zeile 40	1,3,7, 20,21,28
X	US 4 405 284 A (ALBRECHT GUENTER ET AL) 20. September 1983 (1983-09-20) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 8 Spalte 1, Zeile 34 - Zeile 62 Spalte 2, Zeile 49 - Spalte 3, Zeile 26	2,6,7,9, 12,13
X	DE 723 476 C (BBC BROWN BOVERI & CIE) 5. August 1942 (1942-08-05) in der Anmeldung erwähnt	1-3,19, 20,29
A	das ganze Dokument	28
X	EP 0 374 603 A (GRUENZWEIG & HARTMANN MONTAGE ; DAIMLER BENZ AG (DE)) 27. Juni 1990 (1990-06-27)	1,2,4,6
A	Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 8 Spalte 1, Zeile 48 - Spalte 2, Zeile 33 Spalte 3, Zeile 11 - Zeile 33; Abbildungen 1,2	22,23, 29,30
X	US 5 645 399 A (ANGUS TODD JAMES) 8. Juli 1997 (1997-07-08)	2
A	Zusammenfassung; Abbildung 3 Spalte 1, Zeile 7 - Zeile 9 Spalte 1, Zeile 40 - Spalte 2, Zeile 9	21,24
A	Spalte 2, Zeile 31 - Zeile 44	21,24

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/013651

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19535227 A	27-03-1997	DE 19535227 A1	27-03-1997
US 5350599 A	27-09-1994	KEINE	
US 6336789 B1	08-01-2002	EP 1022439 A1	26-07-2000
		CN 1261643 A	02-08-2000
		DE 59909395 D1	09-06-2004
		JP 2000213305 A	02-08-2000
US 6345953 B1	12-02-2002	DE 19806809 C1	25-03-1999
		CN 1119509 B	27-08-2003
		WO 9942705 A1	26-08-1999
		DE 59805746 D1	31-10-2002
		EP 1056932 A1	06-12-2000
		JP 2002504641 T	12-02-2002
US 4405284 A	20-09-1983	DE 3018620 A1	26-11-1981
		DE 8013163 U1	13-10-1988
		FR 2482664 A1	20-11-1981
		GB 2076066 A ,B	25-11-1981
		GB 2131099 A ,B	13-06-1984
		JP 1690501 C	27-08-1992
		JP 3046654 B	16-07-1991
		JP 57049027 A	20-03-1982
DE 723476 C	05-08-1942	FR 956938 A	10-02-1950
		GB 643792 A	27-09-1950
EP 0374603 A	27-06-1990	DE 3843663 A1	28-06-1990
		EP 0374603 A1	27-06-1990
US 5645399 A	08-07-1997	DE 69605045 D1	09-12-1999
		DE 69605045 T2	08-06-2000
		EP 0839262 A1	06-05-1998
		JP 11502913 T	09-03-1999
		WO 9628643 A1	19-09-1996